

ビデオカメラを活用したトンネル切羽崩壊のモニタリング手法に関する研究

岡山大学 学生会員 ○中村 隆史
 岡山大学 正会員 西山 哲
 株式会社大林組 正会員 藤岡 大輔

1. はじめに

山岳トンネルの建設工事は、切羽が自立することが前提であるが、切羽前方の地質が不確な状態で掘削するという特性上、切羽が不安定な状態となっている可能性がある。発破による掘削では、装薬時などに、作業員が切羽に近づく必要があり、切羽が不安定化していた場合、切羽の崩壊や肌落ちにより重大災害につながり易い。また、人的被害を避けられたとしても工期や工費に影響をもたらすため、安全かつ迅速に施工を進めるためにも、切羽の崩壊や肌落ちが発生する直前の変状を把握し、作業員の避難を促すとともに切羽の崩落を未然に防ぐことが重要である。これまでに、レーザー距離計を用いた変状計測などが行われているものの一次元的な計測であり、計測点数が限られるといった課題が多くあげられる。そこで、ビデオカメラを用いた映像処理により切羽の変状を抽出するモニタリング手法を検討している。ビデオカメラは安価に導入でき取り扱いが容易であり、切羽の変状抽出方法は、映像処理において代表的な移動物体の抽出手法¹⁾である背景差分法を用いることで、面的かつリアルタイムで計測することが可能であると考えられる。本研究は、予め撮影した切羽の掘削作業を行っている映像を用いて、切羽の崩壊と肌落ちを想定し、背景差分法のトンネル切羽の変状モニタリングへの適応性を検討した。

2. 背景差分法と変状抽出の概要

本研究に用いた背景差分法の処理の流れを図-1 と以下に示す。

- 1) 最初取得する第1フレームを平均画像 $ave_1(x,y)$ として定める。
- 2) 映像に映し出されている第2フレームを取得し、入力画像 $src_2(x,y)$ とする。
- 3) 平均画像と入力画像との輝度の差の絶対値である差分画像 $dst_1(x,y)$ を作成する。

- 4) 入力画像を重みづけし、平均画像を更新する。

$$ave_2(x,y) = (1 - \alpha) \cdot ave_1(x,y) + \alpha \cdot src_2(x,y) \quad (2)$$

$$\alpha : \text{重み}$$
- 5) 2 から 4 を繰り返す。

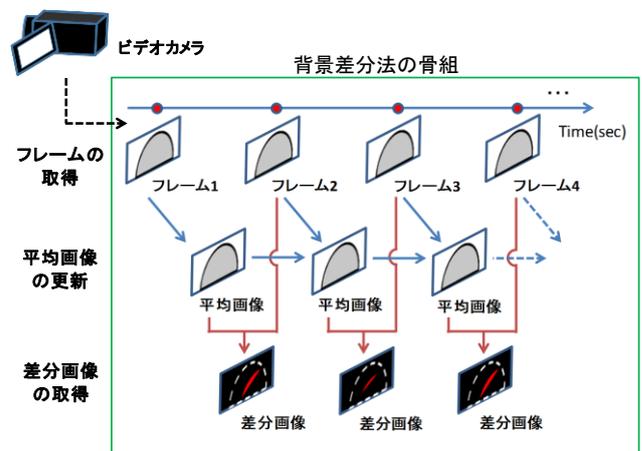


図-1 背景差分法の処理の流れ

本研究では、RGB 値を輝度に変換したグレースケール画像で処理を行った。

$$Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad (3)$$

差分画像は、平均画像を背景とし、入力画像と背景との輝度の変化を意味している。入力画像を重みづけした平均画像を背景として扱うことは、時間変化に対する輝度値の平滑化のような役割を重みの大きさに応じて時間経過の影響を変化させることを意味する。差分画像の輝度の大きい部分が変状部分となる。変状抽出は、差分画像の輝度値に閾値を定め、閾値以上の輝度値を持つ画素を変状箇所として求めることとした。

3. 崩壊と肌落ちの抽出結果

機械掘削を行っている映像を切羽の崩壊や肌落ちの映像に見立てて、背景差分法の処理を行った。

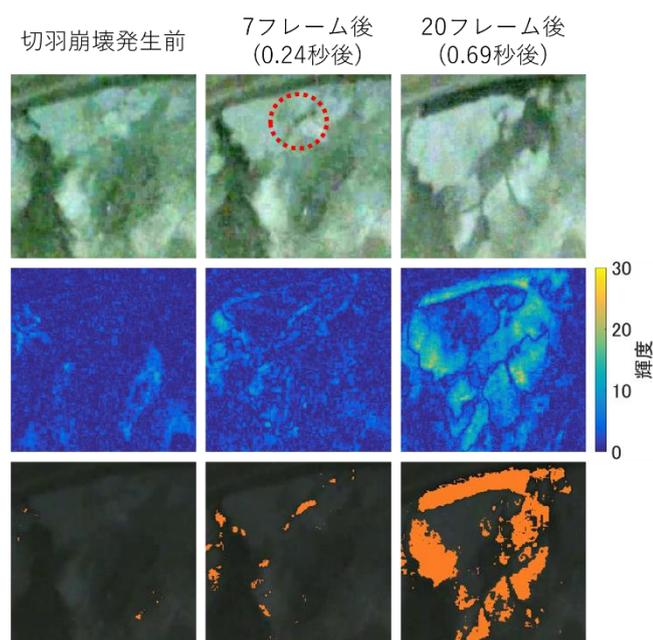
変状抽出の指標となる閾値は、映像の切羽は暗く、輝度が小さいため 10 と定めた。

キーワード 山岳トンネル, 切羽崩壊, ビデオカメラ, 映像処理, 背景差分法

連絡先 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学環境理工学部 TEL086-251-8801



図-2 処理映像の第 1 フレーム



上：入力画像(コントラスト編集)
 中：差分画像(カラー表示)
 下：変状抽出表示(入力画像上に表示)

図-3 切羽崩壊箇所の変状抽出

元映像の第 1 フレームを図-2 に示す。映像は約 207 万画素のビデオカメラで撮影した。図-3, 4 はそれぞれ切羽の崩壊と肌落ちが発生した箇所の変状抽出結果であり、その元画像から 250×250pixel の範囲をトリミングしている。上段図はトリミングした入力画像のコントラストを編集した画像であり、中段図はカラー表示させた差分画像であり、下段図は差分画像の閾値以上の画素を入力画像に表示させている。また、元映像のフレームレートが 29 フレーム/秒であることから切羽の崩壊と肌落ちの発生前から変状発生までの経過時間を割り出した。図-3 における切羽の崩壊箇所では、崩壊発生前に、小さな岩塊の落下が抽出されており、0.24 秒経過した 7 フレーム後では、赤い丸印で示す岩塊の亀裂や落下し始めている小さな岩塊を抽出出来ている。

0.69 秒経過した 20 フレーム後には岩塊が崩壊し、その変状を抽出した。図-4 における肌落ち発生箇所では、入力画像からは確認することが困難であった小さい落石が、差分画像からは赤い丸印で示す箇所から抽出できていることが分かる。また、10 フレーム後の差分画像における赤い丸印は、岩塊が落ちて生じた窪みによる輝度変化を意味している。0.34 秒経過した 10 フレーム後には落下し始めた岩塊を抽出した。

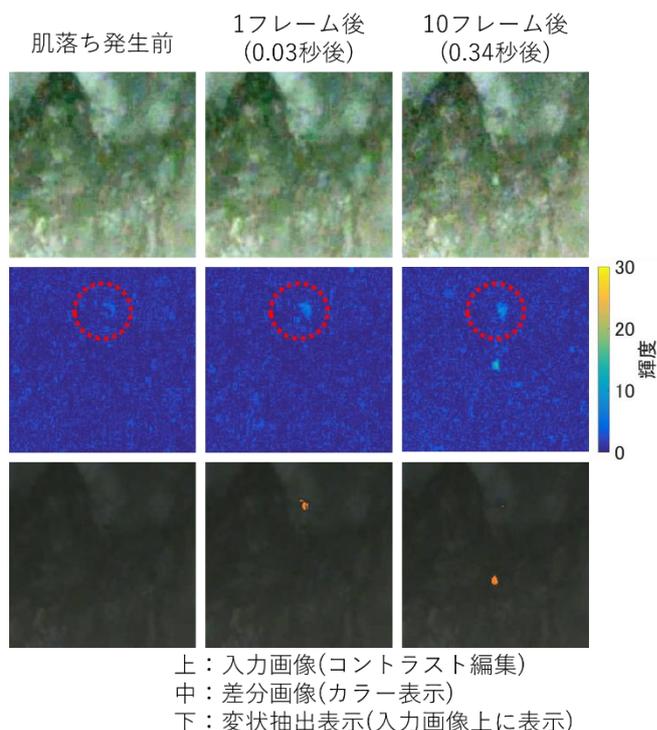


図-4 肌落ち発生箇所の変状抽出

4. まとめ

本研究では、切羽の崩壊と肌落ちの変状を抽出するために、背景差分法の適応性について検討した。映像の処理結果の知見を以下に示す。

- ・崩壊箇所では、崩壊前の小さな岩塊や亀裂を抽出することが可能であったため、崩壊前の予兆となる変状を抽出することができる。
- ・肌落ち箇所では、入力画像上から確認が困難な変状を抽出することが可能であった。

実際の切羽作業中に本手法を適応するには、重機の動きや照明の明滅も輝度変化が大きいため、これらによる変化と切羽の変状とを適切に区別する方法を検討する必要がある。

参考文献

1) 松阪喜幸, 画像情報教育振興協会: デジタル画像処理[改訂新版], p286-289, 2015